

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 03-025505
 (43) Date of publication of application : 04.02.1991

(51) Int. Cl. G05B 17/02
 G05B 11/32

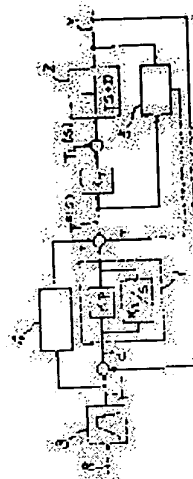
(21) Application number : 01-159863 (71) Applicant : TOYO ELECTRIC MFG CO LTD
 (22) Date of filing : 22.06.1989 (72) Inventor : TSUCHIDE YASUHIKO
 KOBAYASHI HIROKAZU

(54) MULTIFUNCTION CONTROLLER

(57) Abstract:

PURPOSE: To perform the robust control of quick response by providing a command input part for quick response, a feed forward compensating part, and an equivalent disturbance compensating part which compensates variance elements such as the load variance and the parameter variance which have an influence upon the operation characteristic of a control object.

CONSTITUTION: A command input R is changed by the operation of a command setter or the like and is outputted as a command output (r) through a command input part 3. A deviation (e) between the final command input (r) and an output Y as a part of the state variable is subjected to stabilizing compensation by a PI controller 1 or the like to obtain an output $T^*(S)$. This output is multiplied by a gain KT by passing a power actuator and is applied to a control object 2. In the end forward compensation, the final command (r) is inputted and the output is added to the stabilizing compensation output. In the equivalent disturbance compensation, $T^*(S)$ and Y are inputted and the operation result is added to the output of stabilizing compensation. Thus, quick response and robust stable operation are possible.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平3-25505

⑬ Int. Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)2月4日

G 05 B 17/02
11/32F 7740-5H
7740-5H

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 多機能形制御装置

⑯ 特 願 平1-159863

⑰ 出 願 平1(1989)6月22日

特許法第30条第1項適用 平成元年5月20日、社団法人電気学会発行の「電気学会論文誌D産業応用部門誌 平成元年5月109巻5号」に発表

⑱ 発 明 者 土 手 康 彦 北海道室蘭市水元町32-8-203

⑲ 発 明 者 小 林 弘 和 神奈川県伊勢原市沼目4-26-14

⑳ 出 願 人 東洋電機製造株式会社 東京都中央区八重洲2丁目7番2号

明 細 書

1. 発明の名称

多機能形制御装置

2. 特許請求の範囲

1 制御対象の指令入力と該制御対象の状態量との偏差量を P (比例)および I (積分)等からなる安定化補償装置を通して制御対象に印加するようにした安定化フィードバック制御装置において、前記指令入力は制御対象の動特性と関係のある状態量に応じて与えられるように構成した指令入力部と、該指令入力を制御対象の数式モデルの逆函数の形に構成した補償装置を通して該安定化補償装置の出力に印加するフィードフォワード補償部と、制御対象の入力量と状態量から該制御対象の運転特性に影響を与える変動要素を含めた等価外乱を算出し該等価外乱を制御対象の入力側に加算する等価外乱補償部とを備えてなることを特徴とした多機能形制御装置。

2 前記安定化補償装置の比例ゲイン(K_p)および積分ゲイン(K_i)を前記偏差量とその時間当

りの変化との関係からなる位相面、該位相面における該偏差量の時間当たりの変化とスライディングモードの切替線との差に応じて変化させることを特徴とする請求項第1項記載の多機能形制御装置。

3 前記フィードフォワード補償部のゲイン(K_F)を該偏差量の時間当たりの変化とスライディングモードの切替線との差に応じて変化させることを特徴とする請求項第2項記載の多機能形制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は安定化フィードバック制御装置に係り、特にロバストでなおかつ高速応答を達成できる多機能形制御装置に関するものである。

〔従来の技術〕

一般的な電動機速度制御系の例により第7図で説明する。

第7図は安定化フィードバック制御装置の従来例を示すもので1はPI制御装置、2は制御対象である。ここに、 R 、 Y は各々設定入力、状態量であり、したがって速度制御系例では、 R が速度

指令、 Y が速度検出出力である。 K_T はトルク発生係数である。

すなわち、設定入力 R 、状態量 Y の偏差 e をPI補償要素を通して制御対象に印加することにより、速度制御系を安定化している。その一般的な安定化調整としては、慣性 J が大きいほど比例ゲイン K_P を大きくし、それに応じて積分ゲイン K_I も大きくすることにより達成される。かように、図示の如く通常はPI補償要素を直列に挿入し、制御対象に応じた比例ゲイン K_P および積分ゲイン K_I を調整することにより安定化を図っている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、比例ゲイン K_P を大きくすると定常状態ではノイズや検出リップル等の影響で不安定になり易く、また積分ゲイン K_I を大きくすると、設定入力のステップ変化に際し速度のオーバーシュートが発生して好ましくない。比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I を電動機等の運転状態に応じて変化させる必要があるが、一般に比例ゲ

イン K_P 、積分ゲイン K_I は可変抵抗器等で手動の調整を行うものとなるため、瞬時の例えば電動機状態に応じた調整は不可能である。

さらに、積分ゲイン K_I を偏差 e の変化に応じて自動的に変化する方法もあり、これは積分ゲイン K_I が固定の場合よりは高機能なものとなるものの、慣性 J や粘性係数 D の変動に十分対応できない。また、より高速応答をさせようとするれば、微分補償要素を別に追加する必要があるが、これはノイズ等の影響を受け易く、安定化に苦勞するのが常であった。

かくの如く、現在、比例ゲイン K_P や積分ゲイン K_I を運転状態に応じて最適に調整する装置がなく、したがって、試運転調整員が現地に行ってその都度苦勞して調整しているのが現状である。

〔課題の解決手段と作用〕

本発明は上述したような点に鑑みなされたものであり、PI制御を基本とする安定化フィードバック制御装置に、高速応答させるための指令入力部、フィードフォワード補償部および制御対象の

運転特性に影響を与える負荷変動やパラメータ変動等の変動要素を補償する等価外乱補償部を少なくとも備え、各装置部が他装置部の欠点を補うことにより各装置部が本来有している長所を充分に発揮させるようにしてなる格別な多機能形制御装置を実現したものである。

以下、本発明を図面に基づいて詳細説明する。

第1図は本発明の技術思想の理解を容易にするため第7図に類して示したものであり、3は指令入力部、4はフィードフォワード補償部、5は等価外乱補償部、 T_L は負荷外乱である。図中、第7図と同符号のものは同じ機能を有する部分を示す。すなわち、かくの如き構成により、各部機能の特長と欠点を最適な組合せをもって、各機能の特長を損うことなく効用し得ること、つぎの如くである。

(1) 指令入力部 3

実用上の制御系においては、サイリスタレオナード、インバータ等で構成されるパワーアクチュエータが有限なために、過大な設定入力 R が入る

と飽和現象があり、図示の如きPI制御装置1のように高精度な運転をするため設けた積分器が存在すると、飽和している間は偏差 e を積分していくために偏差が修正される過程でオーバーシュートが発生して制御上好ましくない。

この解決方策として種々発表されているが、通常よく採用されている簡便な方法は、飽和に入っている間は積分機能を停止させることである。しかし、この方法でも飽和が解除される過程で多少の振動やオーバーシュートが発生し、これを防止させる調整をすると、高速応答ができないなどの欠点がある。

また、あまり急激な入力が入ると、次ブロックのフィードフォワード補償部4の高速追従の機能が充分発揮できなくなる。

指令入力部3はかような欠点を補うため設けられてなる。かかる手法は高機能を狙ったものもあるが、ここで実用上のコストパフォーマンスを考えると、第2図に示した如く、ステップ状の設定入力 R に対し加減速時間の T_u 、 T_d を調整して最終

指令の指令出力 r とするのが一般である。

しかし、かくの如き簡便かつ高実用性的方法も負荷外乱や制御対象のパラメータ変動等があると最適な制御応答に調整するのは困難であり、結局、遅い加減速時間に調整しているのが常である。

(2) フィードフォワード補償部4

基本制御ブロックを第3図を参照して説明する。図中、第1図と同符号のものは同じ機能を有する部分を示す。

指令出力 r と出力の状態量 Y 間の伝達函数は次式で示される。

$$\frac{Y}{r} = \frac{F_1 GK_T + F_2 GK_T}{F_1 GK_T + 1} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、もし

$$F_2 = \frac{1}{GK_T} \dots\dots\dots(2)$$

にすると、式(1)は $[(Y/r)=1]$ となる。したがって、このとき偏差は $(e=0)$ になる。すなわち、出力は常に入力に追従して動作し、その間の偏差は常に零に保たれる。

$$\left. \begin{aligned} K_T &= \hat{K}_T + \Delta K_T \\ J &= \hat{J} + \Delta J \\ D &= \hat{D} + \Delta D \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 $\hat{}$ 印はノミナル値、 Δ は変動分を示す。ここで、式(4)を式(3)に代入すると、等価外乱 $T_E(S)$ は、

$$T_E(S) = T^*(S) \cdot \hat{K}_T - (\hat{J}S + \hat{D}) \cdot \omega(S) \dots\dots\dots(5)$$

となる。

この式(5)の物理的内容は、等価外乱 $T_E(S)$ は負荷外乱 $T_L(S)$ や各定数のノミナル値からの変動分等を全て含めており、それらを一括して等価外乱と考えることにより、式(5)の右辺の如く、各定数のノミナル値のみで記述できることを示している。この $T_E(S)$ をノイズ除去のためのローパスフィルタを通して $T^*(S)$ に加算することにより、等価外乱補償がなされる。

そして、ローパスフィルタの時定数は一般には制御対象の時定数に比し充分小さくできるので、第4図は第5図の如く書き替えることができる。

よって、かような第5図に示される如く負荷外

しかし、このためにはフィードフォワード補償部 F_2 は制御対象 G の逆函数の形 $(1/GK_T)$ でなければならないが、例えば制御対象の慣性 J や粘性係数 D が変動すると、式(2)が保てなくなって制御上不安定になることがある。

(3) 等価外乱補償部5

この等価外乱補償部5は第1図に示した如く指令 T^* (速度制御の場合はトルク指令)と Y (同じく回転出力または回転数)の情報を活用して等価外乱を算出し、これを指令 T^* に加算することにより構成される。さらに、等価外乱補償部5の機能をブロック図を用いて説明する。図中、第1図と同符号のものは同じ機能を有する部分を示す。

まず、第4図において等価外乱補償部5が付加されない場合はつぎの如くに示される。

$$T^*(S)K_T - T_L(S) \cdot (JS + D) \cdot \omega(S) \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 $T_L(S)$: 負荷外乱

$\omega(S)$: 回転速度

一方、パラメータ変動を考慮してつぎのようにおく。

乱や各定数変動に無関係なノミナル値のみで記述できることになり、トルク指令に対する回転出力応答は、負荷外乱や定数変動に影響されないため、ロバストな安定な運転が確保できる。

なお、第4図に示した等価外乱補償部5のブロックは、本図を基本として種々の制御ブロック上の等価変換が可能であり、実用面ではより最適な形にして使用されていることは当然である。

さらに、本発明は、

① 等価外乱補償を施すことによって第5図のブロック図例の如くになり、第1図および第3図の制御対象2は、ノミナル値のみの関係式になるので、前述の指令入力部の調整は制御対象が変動しない形になるため、一度調整しておけばよいものになる。

また、前述のフィードフォワード補償部も式(2)における制御対象の $(G \cdot K_T)$ が $(\hat{G} \cdot \hat{K}_T)$ になるので、式(2)の関係が常に保つことができ、フィードフォワード補償が常に有効に働くことになる。

② 上記3つの装置の指令入力部、フィードフォ

ワード補償部、等価外乱補償部の組合せにより、各装置の機能の欠点が除去され、その特長が発揮されるものであり、主制御部のPI制御等の安定化補償装置の機能に対しては特に制約はない。

しかし、PI制御の比例ゲイン K_P 、積分ゲイン K_I をスライディングモードの位相面上の位置に応じて変化さすようにした、いわゆる可変構造PI制御装置を組み合わせることににより、より一層の効果が発揮できる。

かかる可変構造PI制御装置は、本出願人による平成1年3月27日の特許出願「可変構造PI制御装置」によって詳述しているところであって、ここでは説明を省略するが、その目的としては負荷外乱や定数変動に対するロバスト性をもつことにある。

しかし、かような可変構造PI制御装置だけでは、指令入力や負荷外乱等が急激に変化した場合はスライディングモード位相面上の原点から大きく外れてしまうことになり、原点への修正に時間がかかってしまう。

〔実施例〕

第1図に示した主要ブロックに対する主要ハード構成を第6図に示す。

すなわち、指令設定器操作などより指令入力である R を変化させ、指令入力部3を通して指令出力 r とする。

最終指令入力の r と状態量の一部である出力 Y の偏差 e をPI制御装置1等からなる安定化補償を施してその出力が $T^*(s)$ となる。 $T^*(s)$ はパワーアクチュエータを通すことにより、ゲインの K_T をかけて、制御対象2に加えられる。

フィードフォワード補償においては、最終指令の r を入力し、その出力を安定化補償出力に加算される。一方、等価外乱補償において、 $T^*(s)$ と Y を入力として演算結果を同じく安定化補償の出力に加算されるものとする。

ここで、CPUは汎用CPUでも実現できるが、より高速応答を要する場合は、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)を用いれば $50(\mu s)$ 程度のサンプリングで実現できる。

この改善のために、指令入力部やフィードフォワード補償部を設けることによって、指令入力の急激な変動に追従させることができ、また等価外乱補償部を設けることにより、急激な負荷外乱や制御対象の定数変動に高速に追従させることができるものである。

このようにして、ロバスト性を狙った可変構造PI制御の唯一の欠点である低速応答性の改善に大きく寄与でき効用し得る。

③ フィードフォワード補償部のゲイン定数をスライディングモードの位相面上の位置に応じて変化さすことは、より一層のロバスト性を推進しつつ、その反面である低速応答性の改善が指令入力部、等価外乱補償部等の組合せにより達成できるものである。

④ 3つの装置の指令入力部、フィードフォワード補償部および等価外乱補償部は、同時組合せから前述の効果を奏するほか、実用上必要に応じて組合せを変えて使用しても、それなりの効果が期待できることは勿論である。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明は過大入力が入って積分演算飽和による、いわゆるウィンドアップ現象を格別に解消するための指令入力部、最終指令入力と出力との偏差を応答よく零にするためのフィードフォワード補償部、負荷外乱や制御対象の定数変動にロバストにするための等価外乱補償部の3つの主要機能を組合せることにより、各機能の特長を保有したまま、欠点を除去できるものであり、高速応答でなおかつロバストな制御が実現できる実用性の高い装置を提供できる。

特に、安定化補償に可変構造PI制御装置を用いると、スライディングモードの位相面の原点近くで常に運転することが応答性を要求される場合には必要であり、かかる所望を満足することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の技術思想の理解を容易にするため示した主要構成ブロック図、第2図は指令入力部の動作説明のため示した図、第3図はフィー

ドフォワード補償部の説明のため示したブロック図、第4図は等価外乱補償部の説明のため示したブロック図、第5図は等価外乱補償後の制御対象部分を示したブロック図、第6図は本発明の実施例の説明のため示した主要ハード構成図、第7図は従来例のPI制御系の説明のため示したブロック図である。

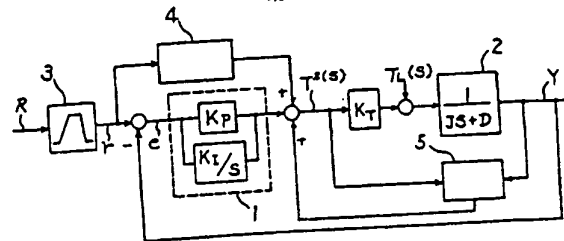
2 …… 制御対象、3 …… 指令入力部、4 …… フードフォワード補償部、5 …… 等価外乱補償部。

特許出願人

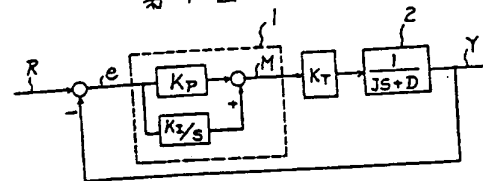
東洋電機製造株式会社

代表者 上村 哲

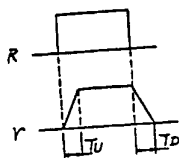
第1図



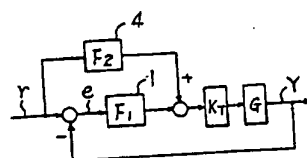
第7図



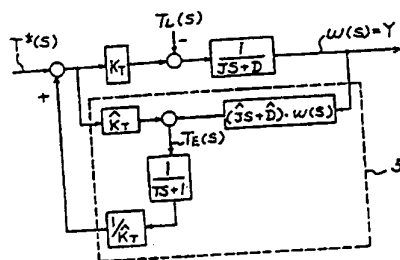
第2図



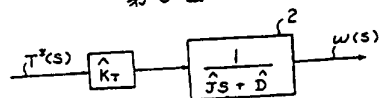
第3図



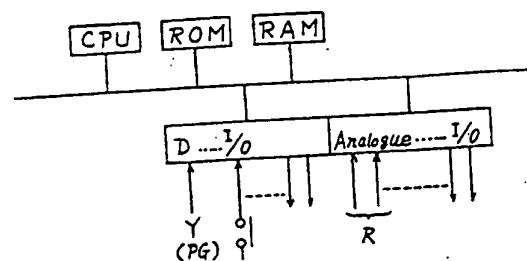
第4図



第5図



第6図



手続補正書(自発)

平成 2 年 1 月 24 日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

平成1年特許願第159863号

2. 発明の名称

多機能形制御装置

3. 補正をする者

事件との関係

特許出願人

郵便番号 104

東京都中央区八重洲二丁目7番2号

(311) 東洋電機製造株式会社

代表者 上村 哲

電話: 0462-64-5787 (特許重役課)

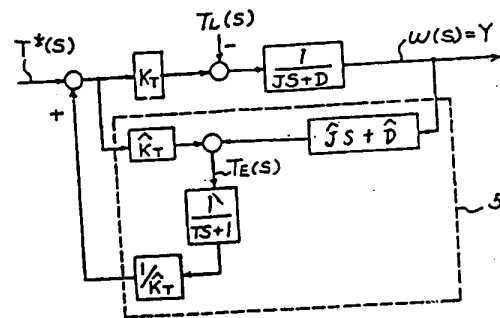
4. 補正の対象

図面

5. 補正の内容

図面中、第4図を別紙(訂正図面)の通り補正する。

第4図



方式
審査

